

PENGARUH ABU TERBANG BATUBARA TERHADAP SIFAT-SIFAT GEOTEKNIK TANAH LEMPUNG TIMBUNAN BADAN JALAN

Suryo Hapsoro Tri Utomo¹⁾

ABSTRACT

Recently, powdered coal is adopted as fuel for power station and cement industry. On the basis drawbacks of its use is the large quantity of produced fly ashes. It is becoming necessary to use them as beneficial material. In engineering practice, as road embankment material, clay posses disadvantage properties, include high plasticity and low shear strength. These properties can be increased by stabilization method using additive material such as fly ash. In view of this application, aim of the research is to explore the effect of fly ash on geotechnical engineering properties of clay.

Fly ash used was from Paiton Power Station, and clay was from Kasihan, Bantul. Laboratory tests were conducted on pure clay and clay-fly ash mixtures, in connection with the usage for road embankment material, these include specific gravity, index properties, particle size distribution, compaction characteristic, and unconsolidated-undrained shear strength characteristics. Variations of fly ash content used were 10%, 15%, 20%, and 25% of weight of dry clay.

The research results showed the change of clay properties in line with the increment of fly ash added in clay. The change of particle composition and gradation in the clay-fly ash admixtures may be the answer of the change of the properties.

PENDAHULUAN

Dewasa ini batubara banyak digunakan sebagai bahan bakar pada Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan industri semen. Dari pembakaran batubara (dalam bentuk halus) dihasilkan abu batubara yang dapat dibedakan atas dua macam, yaitu abu terbang batubara dan abu dasar batubara. Abu terbang batubara (untuk selanjutnya dalam tulisan ini disingkat dengan Aterbara) yang merupakan bagian terbesar dari abu yang dihasilkan, yaitu sekitar 80 %, apabila tidak dimanfaatkan akan merupakan masalah dalam penanganannya. Priyatama (1993) melaporkan produksi Aterbara di Indonesia yang mencapai 400.000 – 500.000 ton/tahun. Cara terbaik untuk mengurangi masalah pembuangan Aterbara ialah memanfaatkannya menjadi bahan yang berguna.

Tanah lempung sering digunakan sebagai bahan timbunan badan jalan. Akan tetapi, tanah lempung umumnya mempunyai sifat-sifat geoteknis yang kurang menguntungkan, misalnya plastisitas yang tinggi dan kuat dukung yang rendah bila kadar airnya tinggi. Sifat-sifat geoteknis yang kurang menguntungkan tersebut dapat diperbaiki dengan beberapa cara, di antaranya ialah dengan menambahkan bahan lain yang dapat memperbaiki sifat teknisnya, yang disebut sebagai stabilisasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan Aterbara terhadap sifat-sifat geoteknis tanah lempung dalam penggunaannya sebagai bahan timbunan badan jalan. Hasil penelitian

ini diharapkan dapat merupakan informasi geoteknik yang berguna untuk prasarana jalan raya dan sekaligus akan memberikan kontribusi terhadap kemungkinan penggunaan Aterbara menjadi bahan yang lebih bermanfaat.

Pengkajian dilakukan pada lempung murni dan lempung yang dicampur dengan beberapa variasi kadar Aterbara. Sedangkan pengujiannya meliputi berat jenis, sifat-sifat indeks, distribusi ukuran partikel, karakteristik pemadatan, dan karakteristik kuat geser.

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Lempung dan sifatnya

Penggunaan istilah pasir, lanau, maupun lempung, ialah untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas yang telah ditentukan. Ukuran partikel menentukan sifat-sifat geoteknis tanahnya, sehingga ukuran partikel dijadikan dasar untuk pemberian nama dan klasifikasi tanahnya (Hardiyatmo, 1992). Sifat plastisitas merupakan hal yang penting pada tanah berpartikel halus.

Salah satu sifat yang kurang menguntungkan pada tanah lempung ialah perubahan volume (pengembangan) yang besar. Menurut Bowles (1984), biasanya tanah lempung dapat diperkirakan akan mempunyai pengembangan yang besar apabila indeks plasisitas ≥ 20 . Kendala lain dalam penggunaan lempung sebagai bahan timbunan jalan ialah kuat geser yang rendah dan deformasi yang besar.

¹⁾ Dr.Ir.Suryo Hapsoro Tri Utomo, dosen Jurusan Teknik Sipil, FT UGM, dan dosen Magister Sistem dan Teknik Transportasi, Program Pascasarjana UGM.

Karakteristik pemadatan

Pemadatan dilakukan sebagai usaha untuk menaikkan kerapatan tanah. Pemadatan bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat geoteknis tanah antara lain :

- Memperbaiki kuat geser tanah,
- Mengurangi kompresibilitas,
- Mengurangi permeabilitas,
- Mengurangi perubahan volume apabila terjadi perubahan kadar air.

Hardiyatmo (1992) menyatakan bahwa tanah lempung yang dipadatkan dengan cara benar akan memberikan kuat geser yang tinggi.

Derajat kepadatan tanah diukur dari berat unit keringnya. Dari percobaan pemadatan, dapat diperoleh kurva hubungan antara berat unit kering dan kadar air, untuk kemudian ditentukan kadar air optimum dan berat unit kering maksimumnya. Hubungan antara berat unit kering dengan berat unit basah dan kadar air ialah seperti persamaan berikut ini:

$$\gamma_k = \frac{\gamma_b}{1 + w}$$

dengan :

γ_k : berat unit kering (Mg/m^3),

γ_b : berat unit basah (Mg/m^3),

w : kadar air.

Sedangkan berat unit tanah dengan angka pori nol (*zero air voids*) yang selalu berada di atas kurva pemadatan dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\gamma_{ZAV} = \frac{G_s \gamma_w}{1 + w G_s}$$

dengan :

γ_{ZAV} : berat unit kering dalam keadaan angka pori nol (Mg/m^3),

γ_w : berat unit air (Mg/m^3),

w : kadar air,

G_s : berat jenis partikel.

Kuat geser

Kuat geser tanah ialah gaya perlawanan yang diberikan oleh tanah terhadap geser yang terjadi. Terdapat dua komponen penahan terhadap beban yang berlaku pada tanah, yaitu kohesi dan gesekan antar partikel tanah, sehingga dikenal adanya dua parameter kuat geser tanah yaitu : kohesi (dengan notasi c), dan sudut gesek internal (dengan notasi ϕ). Saat keruntuhan terjadi, hubungan antara tegangan geser, tegangan normal, kohesi, dan sudut gesek internal

pada sebuah bidang keruntuhan ditunjukkan oleh kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb seperti di bawah ini.

$$\tau_f = c + \sigma \cdot \tan \phi$$

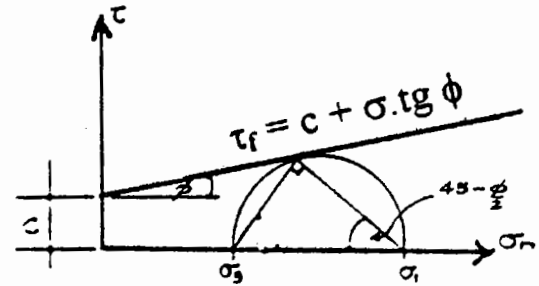
dengan :

τ_f : tegangan geser saat keruntuhan

c : kohesi

σ : tegangan normal

ϕ : sudut gesek internal



Gambar 1. Kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb (sumber Vickers, 1984).

Pengujian parameter kuat geser tanah di laboratorium dapat dilakukan terhadap benda uji dengan cara pengujian geser langsung, pengujian triaksial, pengujian tekan bebas, atau pengujian kipas geser. Bowles (1986) menyebutkan bahwa terdapat tiga cara pengujian triaksial, yaitu tanpa konsolidasi-tanpa drainasi (TKTD), dengan konsolidasi-tanpa drainasi (DKTD), dengan konsolidasi-dengan drainasi (DKDD). Menurut Holtz dan Kovacs (1981) pengujian triaksial TKTD dapat diterapkan terhadap kondisi dengan pembebanan teknis yang cepat sehingga tidak ada kesempatan pengurangan air pori sehingga belum terjadi konsolidasi.

Pada pengujian triaksial, saat keruntuhan tanah terjadi, kuat geser tanah dapat diperoleh dalam tegangan utama mayor σ_1 dan tegangan utama minor σ_3 . Tegangan utama minor merupakan tegangan sel yang diterapkan pada benda uji, sedangkan tegangan utama mayor adalah merupakan penjumlahan dari tegangan sel dan tegangan aksial,

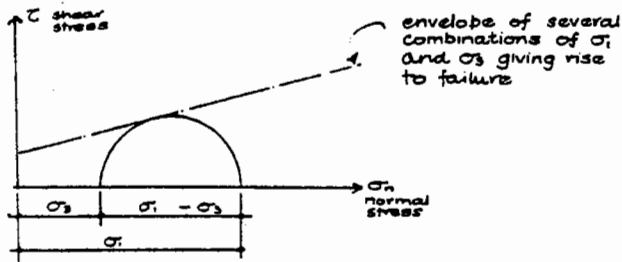
$$\sigma_1 = \sigma_3 + \frac{P}{A}$$

Dengan :

P : Beban aksial

A : Luas potongan melintang benda uji

Adapun garis keruntuhannya adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, di bawah ini.



Gambar 2. Garis keruntuhan pada uji triaksial (sumber : Vickers, 1984).

Stabilisasi tanah

Secara umum dapat dikatakan bahwa stabilisasi tanah dimaksudkan untuk merubah sifat-sifatnya untuk memenuhi spesifikasi. Sifat-sifat tanah dapat diubah dengan beberapa cara, di antaranya ialah: mekanis, kimiawi, thermal, dan dengan alat-alat yang lain (Ingles dan Metcalf, 1972). Stabilisasi mekanis merupakan perubahan distribusi ukuran partikel dan/atau sifat-sifat plastisitas bahan dengan cara mencampurnya dengan satu atau lebih bahan terpilih (Akoto, 1997). Selanjutnya dinyatakan pula bahwa kekuatan tanah (stabilitas atau kuat dukung) dapat ditingkatkan dengan stabilisasi. Sehubungan dengan penggunaan bahan, Akoto (1997) menyampaikan bahwa penggunaan bahan-bahan buangan (seperti abu terbang batubara dan abu sekam padi) akan menguntungkan dari sudut lingkungan.

METODE PENELITIAN

Bahan

Aterbara yang digunakan berasal dari PLTU Paiton, lempung diambil dari daerah Kasihan Bantul, dan air yang digunakan ialah air bersih dari Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM. Aterbara ditambahkan dan dicampurkan pada tanah lempung dengan persentase 10%, 15%, 20%, dan 25% terhadap berat kering tanah lempung. Penelitian sifat-sifat geoteknis dilakukan terhadap lempung murni dan campuran lempung-Aterbara dengan kadar yang telah ditentukan tersebut.

Sifat-sifat indeks

Pemeriksaan sifat-sifat indeks yang dilakukan berikut standar pengujian yang digunakan ialah sebagai berikut:

- Berat jenis, berdasarkan AASHTO T100,
- Batas cair, berdasarkan AASHTO T89,
- batas plastis, berdasarkan AASHTO T90,
- Batas susut, berdasarkan AASHTO T98,

- Distribusi ukuran partikel (gradasi), berdasarkan AASHTO T87 dan AASHTO T88.

Karakteristik pemadatan

Karakteristik pemadatan diperiksa berdasarkan standar AASHTO T99 (pemadatan standar).

Pengujian Triaksial

Persiapan dan pembuatan benda uji triaksial sesuai dengan kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum hasil pengujian karakteristik pemadatan. Semua benda uji triaksial dibuat berbentuk silinder dengan dimensi yang sama yaitu diameter 36 mm dan tinggi 72 mm.

Pengujian triaksial dilakukan dengan cara TKTD mengacu pada AASHTO T234, dengan tegangan sel yang digunakan masing-masing 98 kN/m², 196 kN/m² dan 392 kN/m². Pemilihan cara TKTD ialah mengingat bahwa pelaksanaan struktur timbunan tanah, biasanya memerlukan waktu yang relatif pendek dibandingkan dengan waktu yang diperlukan untuk terperasnya air pori ke luar dari lapisannya, dan konsolidasi serta kehilangan tekanan air porinya akan memakan waktu yang sangat lama (Hardiyatmo, 1992).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Abu terbang batubara

Abu terbang batubara yang digunakan mempunyai batas-batas Atterberg dan berat jenis sebagai berikut:

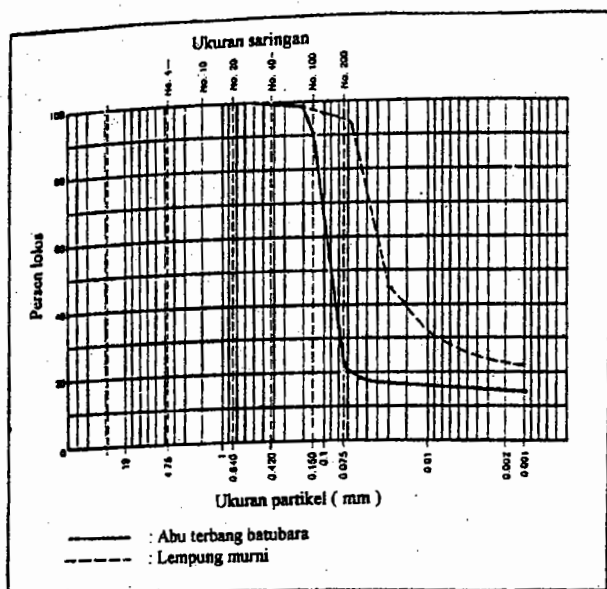
Tabel 1 Batas-batas Atterberg dan Berat Jenis Aterbara Paiton

No.	Sifat-sifat indeks	Satuan	Nilai
1.	Berat Jenis (G_s)	--	2,28
2.	Batas cair	%	24,6
3.	Batas plastis	%	Non-plastis

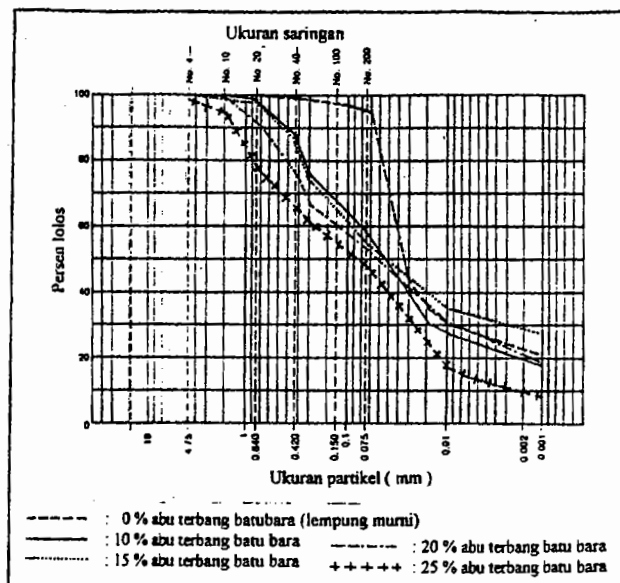
Kurva distribusi ukuran partikel sampel Aterbara yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.

Lempung

Sifat-sifat indeks lempung murni disajikan pada Tabel 2 bersama-sama dengan sifat-sifat indeks campuran lempung dengan Aterbara. Sedangkan kurva distribusi ukuran partikel tanah lempung murni dapat dilihat pada Gambar 3. Karakteristik pemadatan tanah lempung murni juga disajikan bersama-sama dengan data karakteristik pemadatan campuran lempung dengan Aterbara pada Tabel 3.



Gambar 3. Distribusi ukuran partikel abu terbang batubara dan lempung murni



Gambar 4. Distribusi ukuran partikel lempung murni dan campuran lempung dengan abu terbang batu bara

Campuran lempung dengan Aterbara

a. Sifat-sifat indeks

Sifat-sifat indeks lempung murni dan campuran lempung dengan Aterbara yang diperoleh dalam penelitian ialah seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2. Kurva distribusi ukuran partikel untuk masing-masing campuran lempung dengan Aterbara dan kurva lempung murni dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 2 Sifat-sifat indeks lempung murni dan campuran lempung dengan persentase tertentu Aterbara.

No.	Sifat-sifat teknis	Satuan	Variasi Aterbara (%)				
			0 *	10	15	20	25
1.	Berat jenis	---	2,75	2,73	2,71	2,70	2,70
2.	Batas cair	%	60,3	49,7	47	45,8	43,8
3.	Batas plastis	%	29,7	30,4	31,2	31,6	31,7
4.	Indeks plastisitas	%	30,6	19,3	15,8	14,2	12,1
5.	Batas susut	%	14,1	23,9	25,6	25,4	25,1
6.	Lolos Saringan # 200	%	96,1	59,5	58,6	55,4	47,6

*) : lempung murni

b. Karakteristik pemadatan

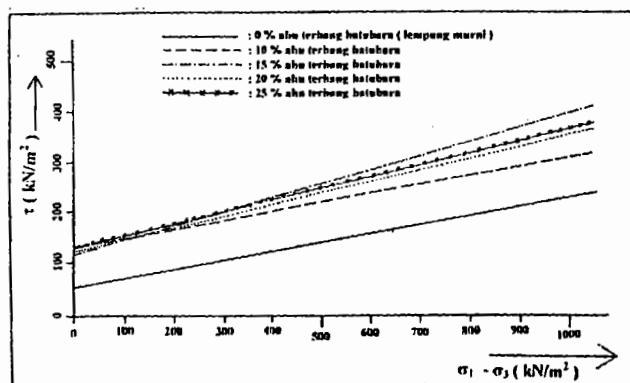
Karakteristik pemadatan standar (*standard Proctor compaction*) berupa parameter *optimum water content* (OMC) dan *maximum dry density* (MDD) baik lempung murni maupun lempung yang dicampur dengan Aterbara adalah seperti yang tertulis pada Tabel 3. Tabel tersebut juga memuat nilai-nilai berat unit kering pada 95 % MDD dan kadar air untuk mencapai nilai tersebut baik pada sisi kering (*dry side of optimum*) maupun sisi basah (*wet side of optimum*).

Tabel 3 Karakteristik pemadatan lempung murni dan campuran lempung dengan kadar tertentu Aterbara

No.	Kadar Aterbara (%)	95 % MDD sisi kering		100 % MDD		95 % MDD sisi basah	
		γ_k 3 Mg/m ³	Kadar air (%)	γ_k 3 Mg/m ³	Kadar air (%)	γ_k 3 Mg/m ³	Kadar air (%)
1.	0	1,154	39,1	1,215	41,9	1,154	45,2
2.	10	1,225	36,4	1,29	38,4	1,225	41,2
3.	15	1,228	35,6	1,293	37,9	1,228	40,2
4.	20	1,237	34,1	1,302	37,6	1,237	40,4
5.	25	1,274	32,9	1,341	34,5	1,274	36,8

c. Karakteristik kuat geser

Gambar 5 menunjukkan garis keruntuhan hasil pengujian triaksial TKTD yang dilakukan terhadap benda uji yang dibuat berdasarkan atas OMC dan MDD.



Gambar 5. Garis keruntuhan hasil pengujian triaksial TKTD pada lempung murni dan campuran lempung-abu terbang batubara.

Pembahasan

Penambahan Aterbara pada lempung mengakibatkan perubahan pada batas-batas konsistensi. Indeks plastisitas menurun dari 30,6 % pada lempung murni hingga 12,1 pada campuran lempung dengan 25 % Aterbara. Dari hasil ini tampak bahwa sifat ekspansifnya berkurang. Perubahan juga terjadi pada batas susut, yaitu terdapat kenaikan dengan adanya penambahan Aterbara. Kecenderungan penurunan berat jenis juga terlihat pada penambahan Aterbara yang lebih banyak. Mengingat bahwa berat jenis partikel Aterbara lebih kecil bila dibandingkan dengan berat jenis partikel lempung, maka bertambahnya kadar Aterbara pada lempung dapat menurunkan berat jenis partikel campuran lempung-Aterbara.

Kenaikan berat unit kering maksimum dan penurunan kadar air optimum terjadi seiring dengan penambahan kadar Aterbara, baik pada 100 % MDD maupun 95 % MDD.

Kuat geser cenderung naik dengan adanya penambahan Aterbara pada lempung, meskipun perubahan nilai parameter dimaksud tidak menunjukkan pola perubahan yang teratur.

Kurva-kurva distribusi ukuran partikel memperlihatkan bahwa partikel yang lolos saringan # 200 berkurang dengan bertambahnya kadar Aterbara dalam lempung. Perubahan komposisi dan perubahan ukuran partikel tersebut diduga sebagai penyebab terjadinya perubahan sifat-sifat geoteknis. Secara umum dapat diduga bahwa perubahan ukuran partikel tersebut menjadikan campuran lempung-Aterbara mempunyai partikel kasar yang lebih banyak dan memungkinkan campuran tersebut menjadi lebih kompak. Bertambahnya kekompakan tanah campuran lempung-Aterbara mengakibatkan bertambahnya berat unit kering maksimum. Berdasarkan atas fenomena-fenomena yang terjadi maka perubahan sifat geoteknis tersebut dapat digolongkan pada stabilisasi mekanis seperti yang disampaikan oleh Akoto (1977).

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan abu terbang batubara pada lempung dapat memperbaiki sifat-sifatnya yang secara teknis kurang menguntungkan. Perubahan-

perubahan pada sifat-sifat geoteknik dimaksud diduga akibat dari terjadinya perubahan komposisi dan distribusi ukuran partikel pada campuran lempung dengan abu terbang batubara.

2. Dengan dapat digunakannya abu terbang batubara sebagai bahan tambah untuk stabilisasi mekanis tanah lempung, maka abu terbang batubara dapat menjadi bahan yang lebih bermanfaat, yang dengan demikian dapat memberikan kontribusi terhadap penyelesaian masalah pembuangannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Sdr. Ir. Iman Basuki dan Sdr. Herlambang, atas bantuannya, sehingga karya ini dapat terwujud.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1982, Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, Part II, AASHTO, Washington.
- Akoto, B.K., 1997, The Principles of Soil Stabilization, *Proc. National Seminar on Technology of Roads and Bridges on Soft Soils*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, Januari 1997, Bandung.
- Bowles, J.E., 1986, Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah), edisi kedua, Erlangga, Jakarta.
- Bowles, J.E., 1993, Engineering Properties of Soils and Their Measurement 3rd edition, McGraw Hill, Singapore.
- Vickers, B., 1984, Laboratory Work in Soil Mechanics 2nd edition, Granada Publishing Ltd, London.
- Hardiyatmo, H.C, 1992, Mekanika Tanah 1, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta..
- Holtz, R.D. dan Kovacs, W.D., 1981, an Introduction to Geotechnical Engineering, Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Ingles, O.G., dan Metcalf, J.B., 1972, Soil Stabilization Principles and Practice, Butterworths, Sydney.
- Priyatama, H., 1993, AbuTerbang dan Pemanfaatannya, *Seminar Nasional Batubara Indonesia*, KMTM FT UGM, Yogyakarta.